

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-005254

(43)Date of publication of application : 12.01.1999

(51)Int.Cl.

B29C 67/00  
// B29K105:24

(21)Application number : 10-047719

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 27.02.1998

(72)Inventor : OTSUKA YUKIO  
OZAKI MOTOAKI

(30)Priority

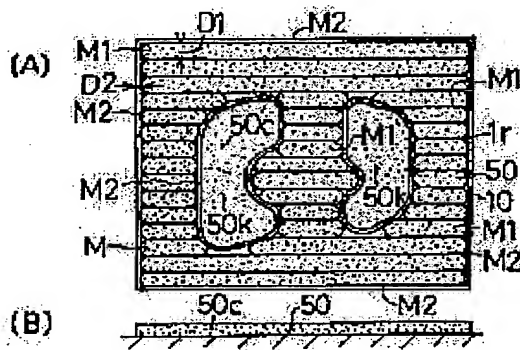
Priority number : 09108686 Priority date : 25.04.1997 Priority country : JP

## (54) LAMINATION SHAPING METHOD

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a lamination shaping method by which it is possible to contribute to shortening a laser beam irradiation time while securely maintaining the accuracy of a contour of the surface layer part of a shaped object and improve productivity advantageously.

**SOLUTION:** A set layer 10 is formed by lasing a material which is set by irradiation with the laser beam and this formed set layer 10 is laminated to form a three-dimensionally shaped object. In addition, the appropriate diameter of the laser beam is selected out of the different diameters depending upon a part forming the surface layer part of the three-dimensionally shaped object and a part forming the inner part of the three-dimensionally shaped object. That is, the laser beam M1 of a large diameter irradiates the part forming the inner part and the laser beam M2 of a small diameter irradiates the part forming the surface layer part.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 07.02.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 31.08.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-5254

(43)公開日 平成11年(1999)1月12日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

FI

B 2 9 C 67/00

B 2 9 C 67/00

// B 2 9 K 105:24

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平10-47719

(22)出願日 平成10年(1998)2月27日

(31)優先権主張番号 特願平9-108686

(32)優先日 平9(1997)4月25日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市卜ヨ夕町1番地

(72)発明者 大塚 幸男

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 尾崎 元亮

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

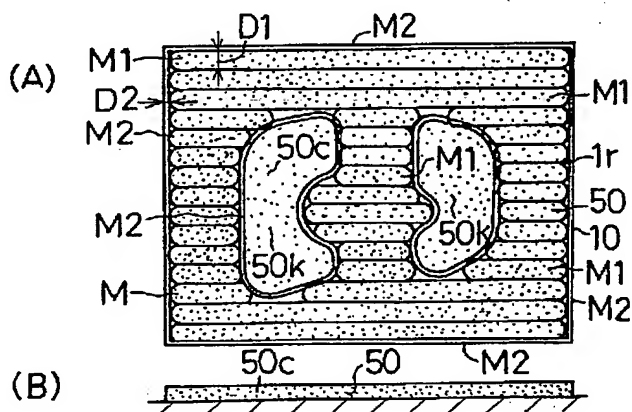
(74)代理人 弁理士 大川 宏

(54)【発明の名称】 積層造形方法

(57) 【要約】

【課題】造形物の表層部の輪郭の精度を確保しつつ、レーザービームの照射時間の短縮化に貢献でき、生産性の向上に有利な積層造形方法を提供すること。

【解決手段】レーザビームの照射により固化する材料にレーザビームを照射して固化層１０を形成し、固化層１０を積層して三次元造形物を形成する。三次元造形物の表層部を形成する部分と、三次元造形物の内部を形成する部分とでレーザビームのビーム径を使い分け、内部を形成する部分には太いレーザビームＭ１を照射し、表層部を形成する部分には細いレーザビームＭ２を照射する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザビームの照射により固化する材料にレーザビームを照射して固化層を形成し、前記固化層を積層して三次元造形物を形成する積層造形方法において、

レーザビームを照射する際に、前記三次元造形物の表層部を形成する部分と、前記三次元造形物の内部を形成する部分とでレーザビームのビーム径を使い分け、前記内部を形成する部分には太いレーザビームを照射し、前記表層部を形成する部分には太いレーザビームよりも細いレーザビームを照射することを特徴とする積層造形方法。

【請求項 2】 前記太いレーザビームと前記細いレーザビームとを 1 台のレーザ発振器から照射することを特徴とする請求項 1 に記載の積層造形方法。

【請求項 3】 前記太いレーザビームと前記細いレーザビームとを別々のレーザ発振器から照射することを特徴とする請求項 1 に記載の積層造形方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、レーザビームの照射により固化した固化層を積層して鋳型等の三次元造形物を形成する積層造形方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、積層造形技術（特開平 3-183530 号公報、米国特許 US 4247508 等）が開発されている。この積層造形技術は、レーザビームの照射により固化する樹脂被覆砂等の材料を用い、その材料にレーザビームを照射することにより、固化層を形成し、固化層を積層することにより三次元造形物を形成する造形方法である。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 この積層造形技術においては、上記した固化層を得るにあたり、固化層を形成する材料に、その目標平面形状を倣うようにレーザビームを照射する。この場合には、図 16 から理解できるように、固化層 100 の表層部 101 にビーム径に相当した凸部 101a が形成される。そのため、レーザビームのビーム径 D は表層部 101 の形状精度に影響を与える。従って上記した積層造形技術では、照射するレーザビームのビーム径は細く設定されている。故に、単位時間あたりの照射面積の増大には限界があり、1 枚の固化層を形成するにあたり、レーザビームの照射時間が長くなりがちである。そのため三次元造形物を形成する際の生産性の向上には限界があった。

【0004】 本発明は上記した実情に鑑みなされたものであり、三次元造形物の表層部の輪郭の精度を確保しつつ、レーザビームの照射時間の短縮化に貢献でき、生産性の向上に有利な積層造形方法を提供することを課題とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明に係る積層造形方法は、レーザビームの照射により固化する材料にレーザビームを照射して固化層を形成し、固化層を積層して三次元造形物を形成する積層造形方法において、レーザビームを照射する際に、三次元造形物の表層部を形成する部分と、三次元造形物の内部を形成する部分とでレーザビームのビーム径を使い分け、内部を形成する部分には太いレーザビームを照射し、表層部を形成する部分には太いレーザビームよりも細いレーザビームを照射することを特徴とするものである。

## 【0006】

【発明の実施の形態】 本発明方法では、レーザビームを照射する際に、三次元造形物の表層部を形成する部分と、三次元造形物の内部を形成する部分とでレーザビームのビーム径を使い分ける。そして、内部を形成する部分には太いレーザビームを照射する。表層部を形成する部分には細いレーザビームを照射する。

【0007】 ビーム径の太い、細いは相対的なものであり、従って、細いレーザビームは、太いレーザビームよりも相対的に細いものであれば良い。細いレーザビームのビーム径、太いレーザビームのビーム径はレーザの種類、三次元造形物の大きさ、三次元造形物を構成する材料の種類、レーザビームの照射速度、要求される生産性等の要因に応じて適宜選択できる。

【0008】 例えば、細いレーザビームのビーム径としては 0.01~1.0 mm を採用でき、なかでも 0.1~0.3 mm を採用できる。太いレーザビームのビーム径としては、例えば、0.3~50 mm を採用でき、なかでも 2~10 mm を採用できる。但し、ビーム径はこの値に限定されるものではない。太いレーザビームとしては、レーザビームのビーム径を拡大レンズ等の拡大系で拡大した散光ビームを用いても良い。

【0009】 本発明方法では、太いレーザビームと細いレーザビームとを 1 台のレーザ発振器から照射する形態を採用できる。この場合には、単一のレーザビームを複数のビームに分割するビーム分割手段を利用することにより、細い径のレーザビームを生成できる。代表的なビーム分割手段としては、ビームスプリッタ、プリズムなどを採用できる。ビームスプリッタがコーティング膜を積層した構造をもつ場合には、コーティング膜の厚み等を調整することによって、希望する比率でレーザビームを複数のビームに分割できる。

【0010】 また本発明方法では、太いレーザビームと細いレーザビームとを別々のレーザ発振器から個別に照射する形態を採用することもできる。この場合には、一般的には、大出力のレーザ発振器で太いレーザビームを照射し、小出力のレーザ発振器で細いレーザビームを照射する。また本発明方法では、太いレーザビームが照射している部分に隣接する部位を、同時期に、細いレーザ

3

ビームが照射していても良い。あるいは、太いレーザービームが照射している部分と離れた部位を、同時期に、細いレーザービームが照射していても良い。

【0011】本発明方法では、固化むらの抑制を考慮すると、太いレーザービームで投入される単位面積あたりのトータル照射エネルギーを $Q_1$ とし、細いレーザービームで投入される単位面積あたりのトータル照射エネルギーを $Q_2$ とすると、 $Q_1$ と $Q_2$ とを近づけることが好ましい。殊に $Q_1 \approx Q_2$ が好ましい。従って太いレーザービームのエネルギー密度よりも細いレーザービームのエネルギー密度が大きい場合には、太いレーザービームの走査速度を $V_1$ とし、細いレーザービームの走査速度を $V_2$ としたとき、 $Q_1 \approx Q_2$ となるように、 $V_1 < V_2$ にできる。例えば、太いレーザービームが出力1000Wでビーム径5mmであり、細いレーザービームが出力50Wでビーム径0.2mmのときには、 $(1000/5^2) < (50/0.2^2)$ となり、細いレーザービームの単位面積あたりのエネルギーは、太いレーザービームの単位面積あたりのエネルギーよりも大きいため、細いレーザービームの走査速度 $V_2$ を、太いレーザービームの走査速度 $V_1$ よりも大きくする。

【0012】しかし種々の条件の相違によっては必要に応じて、 $V_1 \approx V_2$ 、 $V_1 > V_2$ にできる。また、太いレーザービームのエネルギー密度よりも細いレーザービームのエネルギー密度が大きい場合には、 $Q_1 \approx Q_2$ となるように、太いレーザービームの照射回数を細いレーザービームの照射回数よりも増加させることもできる。

【0013】本発明方法では、レーザービームの照射により固化する材料としては、樹脂を被覆した砂等の粉粒体、液状樹脂を採用できる。樹脂は熱硬化性をもつものを採用できる。本発明方法では、レーザービームとしては、CO<sub>2</sub>レーザー、YAGレーザー、Arレーザー、ルビーレーザー、エキシマレーザー等の公知のレーザービームを採用でき、可視光、非可視光のいずれでも良い。

【0014】

【実施例】以下、本発明方法の実施例を図面を参照して説明する。

（実施例の構成）図1は本実施例で製造する実際の三次元造形物1の概念を示す斜視図を示す。図2は実際の三次元造形物1の縦断面図を示す。三次元造形物1は、薄肉の固化層10（例えば、厚み：0.1～0.3mm）を積層方向つまり矢印P方向に沿って積層して構成されたものであり、鋳物を成形する鋳型を構成する。従って三次元造形物1は、内部に形成された中型部1xと、アルミや鉄の溶湯が供給される成形キャビティとして機能する空洞1wをもつ。

【0015】本実施例では、まず図3に示すように、実際の三次元造形物1の形状に等応した三次元モデル4を把握する。三次元モデル4は、実際の1枚の固化層10に等応した形状をもつ薄肉のスライスモデル40の積層

4

により構成されるものである。本実施例では図3から理解できるように、三次元モデル4の内部を含めた三次元的な基本形状を表現する基本形状立体41と、三次元モデル4の三次元的な輪郭のみを表現する輪郭層立体42とで、三次元モデル4を把握する。

【0016】輪郭層立体42の厚みは、実際の三次元造形物1のサイズに応じて適宜選択できるものの、例えば0.3～5mm程度（0.6mm）にできる。説明の便宜上、図3において三次元モデル4の所定の高さ位置の矢視U1-U1線に沿って仮想的にスライスしたスライスモデル40を、例にとって以下説明する。図4は、スライスモデル40の二次元的な基本形状をハッチングで表現した基本形状断面モデル45を示す。図4において、ハッチングで表現された領域45a～45cは、太いビーム径のレーザービームM1がスキャン照射される領域を意味する。

【0017】また図5は、スライスモデル40の二次元的な輪郭層のみをハッチングで表現した輪郭層断面モデル46を示す。図5において、ハッチングで表現された輪郭層46a～46f～46hは、細いビーム径のレーザービームM2がスキャン照射される領域を意味する。本実施例では、図6（B）から理解できるように、レーザービームM1、M2を照射するに先立ち、所定の載置面に樹脂被覆砂50cを散布することにより、所定厚みの砂層50を形成する。

【0018】本実施例では、上記した図4に示す基本形状断面モデル45のデータに基づいて、太いレーザービームM1が照射されるスキャン軌跡を演算する。同様に、上記した図5に示す輪郭層断面モデル46に基づいて、細いレーザービームM2が照射されるスキャン軌跡を演算する。本実施例では、演算されたスキャン軌跡に基づいて、太いレーザービームM1を実際の砂層50に照射すると共に、細いレーザービームM2を実際の砂層50に照射する。図6（A）は、砂層50にレーザービームM1、M2が照射された形態を模式的に示す。レーザービームM1、M2の照射は同時に実行しても良いし、時間的にずらして実行しても良い。

【0019】本実施例では、砂層50のうち、レーザービームM1、M2が照射された樹脂被覆砂50cの樹脂が熱硬化する。よって、隣接する樹脂被覆砂50c同士が結合し、以て一枚の固化層10が形成される。砂層50のうち、レーザービームM1、M2が照射されなかった領域50k（図6（A）参照）は、未硬化のままである。従って後処理においてその領域50kの砂を除去すれば、領域50kは成形キャビティとして機能する空洞となる。

【0020】上記した説明は、図3における矢視U1-U1線に沿うスライスモデル40を例にとっているが、図3における他の矢視U2-U2線等に沿う他のスライスモデルについても同様である。本実施例では、照射の

際には、図 7 に示すように、ビーム径 D1 をもつ太いレーザービーム M1 で照射された部分と、ビーム径 D2 をもつ細いレーザービーム M2 で照射された部分とが部分的に重合しても良い。

【0021】或いは、図 8 に示すように、ビーム径 D1 をもつ太いレーザービーム M1 で照射された部分と、ビーム径 D2 をもつ細いレーザービーム M2 で照射された部分とが重合しないようにしても良い。レーザービームの照射回数が 1 回だけの場合には、あるいは少ない場合に、図 7 及び図 8 から理解できるように、三次元造形物 1 において、レーザービーム M1、M2 が未照射である固化不  
10 充分領域 1r が発生するおそれがある。この場合には、レーザービーム M1、M2 の照射回数を増すことができる。或いは、後処理において、加熱炉や火炎バーナ等の加熱手段で固化不充分領域 1r を別途加熱することにしても良い。

【0022】固化不充分領域 1r が存在していても支障がない三次元造形物 1 の場合には、固化不充分領域 1r をそのまま三次元造形物 1 に残留させておいても良い。ところで本実施例では前述したように、三次元モデル 4  
20 の基本形状を表現する基本形状立体 41 の他に、三次元モデル 4 の輪郭のみを表現する輪郭層立体 42 をも把握し、その後、実質的に二次元のスライスモデル 40 を求めることにしている。このように三次元的な輪郭層立体 42 を把握した後で、実質的に二次元的として把握できるスライスモデル 40 を求める方式の利点について、以下説明を加える。

【0023】図 9 (A) は輪郭層立体 42 を備えていない単なる三次元モデル 4X を示す。図 9 (A) において、スライスモデル 40X は矢視 U10-U10 に沿う  
30 ものであり、スライスモデル 40Y は矢視 U11-U11 に沿うものである。図 9 (B) はスライスモデル 40X を示す。図 9 (B) では、スライスモデル 40X のうち輪郭層 46Xa~46Xf~46Xh をハッチングで表現している。図 9 (D) は、スライスモデル 40X よりも下方に位置しているスライスモデル 40Y を示す。図 9 (D) では、スライスモデル 40Y のうち輪郭層 46Ya~46Yf~46Yh をハッチングで表現している。

【0024】図 9 (C) は、図 9 (B) の形態と図 9 (D) の形態とを積層した状態を示す。図 9 (C) から理解できるように、矢印 K1 で示す領域は、三次元造形物 1 の断面形状が急激に変化する領域であるが、この矢印 K1 で示す領域では、輪郭層 46Xc と輪郭層 46Yc とが不連続となる問題が生じ、連続する完全なる輪郭層をもつ良好なる三次元造形物が得られにくい。

【0025】これに対して本実施例では前述したように、輪郭のみを表現する輪郭層立体 42 (図 3 参照) を求めた後で、スライスモデル 40 を求める方式を採用しているため、図 3 から理解できるように矢印 K1' で示  
50

す領域では輪郭層が既に形成されている。その状態で、実質的に二次元的なスライスモデル 40 を求めるため、図 9 (C) とは異なり、輪郭層が不連続となる問題を解消できる。

【0026】さて、図 10 は、三次元造形物 1 を形成する際の工程手順の一例を示す。まず、ステップ S2 では、製造すべき三次元造形物 1 に基づいた形状、サイズをもつ三次元モデル 4 を求める。この場合には、三次元造形物 1 の伸尺や加工代等を考慮する。ステップ S4  
10 では、三次元モデル 4 のなかの基本形状立体 41 を求める。ステップ S6 では基本形状立体 41 に基づいて基本形状断面モデル 45 を求め、ステップ S8 では、求めた基本形状断面モデル 45 に基づいて、太いレーザービームのスキャン軌跡を演算する。ステップ S10 では、演算されたスキャン軌跡に基づいて太いレーザービームを照射する。

【0027】ステップ S20 では、三次元モデル 4 のなかの輪郭層立体 42 を求める。ステップ S22 では、輪郭層立体 42 に基づいて輪郭層断面モデル 46 を求め  
20 る。ステップ S24 では、求めた輪郭層断面モデル 46 に基づいて、細いレーザービームのスキャン軌跡を演算する。ステップ S26 では、演算されたスキャン軌跡に基づいて細いレーザービームを照射する。

【0028】ステップ S30 では、固化層 10 の 1 枚の厚みに相当する距離、固化層 10 の高さ位置を降下させる。ステップ S32 では、三次元造形物 1 の造形が終了したか判定し、終了しておれば、ステップ S34 で三次元造形物 1 を取り出す。終了していなければ、ステップ S6、ステップ S22 に戻る。本実施例では、ステップ S4~ステップ S10 の手順と、ステップ S20~ステップ S26 の手順とを同時に実行することが好ましい。

【0029】(実施例の効果) 以上の説明から明らかなように本実施例では、三次元造形物 1 の表層部を形成する部分と、三次元造形物 1 の内部を形成する部分とでレーザービームのビーム径を使い分ける。即ち、三次元造形物 1 の内部を形成する部分には、スポット径が大きい太いレーザービーム M1 を照射する。三次元造形物 1 の表層部を形成する部分には、スポット径が小さい細いレーザービーム M2 を照射する。

【0030】このように三次元造形物 1 のかなりの容積を占める内部を、照射面積が大きい太いレーザービーム M1 で照射するため、三次元造形物 1 の内部を形成するための照射時間が短縮化される。よって、三次元造形物 1 を形成する生産性が向上する。更に本実施例では、三次元造形物 1 の輪郭は細いレーザービーム M2 で形成されるため、三次元造形物 1 の輪郭の形状精度も確保される。

【0031】また本実施例では、三次元造形物 1 において、レーザービーム M1、M2 が未照射である固化不充分領域 1r が発生する場合であっても、加熱炉や火炎バーナ等の加熱手段で固化不充分領域 1r を別途加熱す  
50

ば、固化不十分領域 1 r が加熱されて固化するので、三次元造形物 1 の一層の強度を確保するのに有利である。

(適用例)

(第 1 適用例) 図 11 及び図 12 は第 1 適用例を示す。この例では、固定枠 6 の内部に昇降盤 60 がシリンダ機構やモータ機構等の昇降手段 61 により矢印 Y1、Y2 方向に昇降可能に設けられている。樹脂被覆砂 50c を散布する砂散布装置 7 が矢印 C1 方向 (砂散布方向)、矢印 C2 方向 (退避方向) に水平移動可能に設けられている。砂散布装置 7 は、樹脂被覆砂 50c が収容された容器 70 と、容器 70 の底部に搭載された回転可能な切り出しローラ 71 と、容器 70 に隣設されたならし板 72 とを備えている。

【0032】固定枠 6 の上方には、太いビーム径をもつレーザビーム M1 を照射するスキャナ式の主照射部 80 が設けられている。主照射部 80 には、レーザビーム M1 の照射角を連続的な変更する図略の回転ミラーが内蔵されている。主照射部 80 に反射ミラー 81 を介して太いレーザビーム M1 を出力する主レーザ発振器 82 (CO<sub>2</sub> レーザ、大出力：例えば 5 kW ~ 10 kW) が設けられている。

【0033】更に固定枠 6 に隣接して可動式の XY プロッタ 9 が設けられている。XY プロッタ 9 は、X 方向に沿ってのびる案内レール 90 に沿って移動するつまり X 方向 (X1、X2) に移動する X 走行部 91 と、X 走行部 91 に搭載され Y 方向 (Y1、Y2) に沿って移動する Y 走行部 92 と、Y 走行部 92 に搭載された副照射部 93 とをもつ。副照射部 93 は、主照射部 80 よりも低い位置に配置されており、細いビーム径をもつレーザビーム M2 を照射するものである。更に、副照射部 93 にレーザビームを出力する副レーザ発振器 94 (CO<sub>2</sub> レーザ、小出力：例えば 50 W ~ 100 W) が設けられている。

【0034】XY プロッタ 9 の作動により副照射部 93 は X 方向及び Y 方向に二次元的に移動できる。XY プロッタ 9 に搭載された副照射部 93 は、回転ミラーでレーザビームをスキャン照射するスキャナ方式に比較して、広い領域を歪みなくレーザビーム照射するのに有利である。本例では、最初、砂散布装置 7 が案内レール 77 に案内されて矢印 C1 方向に移動しつつ切り出しローラ 71 が回転し、切り出しローラ 71 の溝 71c により樹脂被覆砂 50c が容器 70 の外方に吐出口 75 から吐出され、これにより昇降盤 60 の上面に樹脂被覆砂 50c が散布され砂層 50 (厚み：0.1 ~ 0.3 mm) が形成される。

【0035】ならし板 72 も容器 70 と連動して同方向に移動するため、ならし板 72 により砂層 50 の上面は平滑化される。その後、砂散布装置 7 が矢印 C2 方向に退避する。これにより砂の散布工程が終了する。次に、主照射部 80 から太いビーム径をもつレーザビーム M1

を、砂層 50 のうちの所定の領域に照射する第 1 照射操作を実行する。また XY プロッタ 9 を X 方向、Y 方向に適宜作動させつつ、副照射部 93 から細いビーム径をもつレーザビーム M2 を、砂層 50 のうちの所定の領域に照射する第 2 照射操作を実行する。これにより照射工程が終了する。

【0036】太いレーザビーム M1 を照射する第 1 照射操作と、細いレーザビーム M2 を照射する第 2 照射操作とを、時間的に同時に実行しても良い。主照射部 80 から照射されるレーザビーム M1 と XY プロッタ 9 との干渉に起因して、ビーム径が太いレーザビーム M1 が XY プロッタ 9 により遮られるおそれがある場合には、第 1 照射操作と第 2 照射操作とを時間的に前後にずらして実行しても良い。

【0037】また図 11 に示すように、砂層 50 を領域 S1 と領域 S2 とに区分けし、領域 S1 において主照射部 80 により第 1 照射操作を実行しつつ、領域 S2 において副照射部 93 により第 2 照射操作を実行し、その後に、照射領域を交替しても良い。上記したように砂の散布工程、レーザビーム M1、M2 の照射工程が実行されると、砂層 50 が固化した固化層 10 が形成される。このような砂の散布工程、照射工程が繰り返されると、前述したように固化層 10 が次第に積層され、これにより三次元造形物 1 が得られる。

【0038】(第 2 適用例) 図 13 は第 2 適用例を示す。この例においても、固定枠 6 の内部に昇降盤 60 が昇降手段 61 により矢印 Y1、Y2 方向に昇降可能に設けられている。樹脂被覆砂 50c を散布する砂散布装置 7 が矢印 C1 方向 (砂散布方向)、矢印 C2 方向 (退避方向) に移動可能に設けられている。固定枠 6 の上方にはスキャナ式の主照射部 80 が設けられている。主照射部 80 に反射ミラー 81 を介して太いレーザビームを出力する主レーザ発振器 82 (CO<sub>2</sub> レーザ、大出力：例えば 1000 W、ビーム径：5 mm) が設けられている。

【0039】更に固定枠 6 の上方には、複数個 (例えば 2 個) のスキャナ式の副照射部 93 が設けられている。細いレーザビームを各副照射部 93 に出力する副レーザ発振器 94 (CO<sub>2</sub> レーザ、小出力：例えば 50 W、ビーム径：0.2 mm) が設けられている。本例においても、大出力の主照射部 80 から太いビーム径をもつレーザビーム M1 を、砂層 50 のうちの所定の領域に照射する第 1 照射操作を実行する。また小出力の複数の副照射部 93 から細いビーム径をもつレーザビーム M2 を、砂層 50 のうちの所定の領域に照射する第 2 照射操作を実行する。細いレーザビーム M2 の走査速度を、太いレーザビームの走査速度よりも速くしている。

【0040】この例では、可動式の XY プロッタ が設けられておらず、レーザビームと XY プロッタ との干渉の問題を回避できるため、第 1 照射操作と第 2 照射操作と

を時間的に同時に実行できる。場合によっては、時間的に前後にずらして実行しても良い。図13に示すように複数の副照射部93が設けられている例では、細いレーザービームの径を複数にしても良い。即ち、複数の副照射部93のうち的一方が細いレーザービームを造形物の表層部に照射し、他方が極細のレーザービームを造形物の最表層部を照射することにしても良い。

【0041】(第3適用例) 図14は、1台の主レーザー発振器82で太いレーザービームと細いレーザービームとを時間的にずらして照射する第3適用例を示す。この例においても、固定枠6の内部に昇降盤60がシリンダ機構やモータ機構等の昇降手段61により昇降可能に設けられている。樹脂被覆砂50cを散布する砂散布装置7が矢印C1方向(砂散布方向)、矢印C2方向(退避方向)に水平移動可能に設けられている。砂散布装置7は、樹脂被覆砂50cが収容された容器70と、容器70の底部に搭載された回転可能な切り出しローラ71と、容器70に隣設されたならし板72と、容器70を矢印C1、C2方向に水平移動させる駆動部77とを備えている。駆動部77は、駆動シリンダや駆動モータ等

を利用した機構を採用できる。  
【0042】固定枠6の上方には、太いビーム径をもつレーザービームM1を照射するスキャナ式の主照射部80が設けられている。主照射部80には、レーザービームM1の照射角を連続的な変更する図略の回転ミラーが内蔵されている。主照射部80に反射ミラー81a~81cを介してレーザービームを出力する1台のレーザー発振器82a(CO<sub>2</sub> レーザ、大出力:例えば5kW~10kW)が設けられている。

【0043】更にレーザー発振器82aと主照射部80との間には、可動式のビーム分割手段100が配置されている。ビーム分割手段100は、ハーフミラーで構成されたビームスプリッタ101と、ビーム径調整レンズ102と、ハウジング103とをもつ。ビーム径調整レンズ102は、ビーム径を5mmから0.2mmとなるように減少できるレンズ機能をもつ。

【0044】ビーム分割手段100は、矢印E1、E2方向に駆動部106により移動され、レーザービーム経路に対して出し入れ可能である。ビーム分割手段100の近傍には、冷却部130wをもつビーム吸収器130が配置されている。ビーム吸収器130は、レーザービームを吸収するもの機能をもつものであり、例えば、アルミ等の金属体に吸収皮膜を被覆して形成できる。代表的な吸収皮膜としては、アルマイト皮膜、グラファイト皮膜、リン酸マンガン皮膜などを採用できる。

【0045】制御装置200は、信号線81rを介してレーザー発振器82a、信号線106rを介して駆動部106、信号線80rを介して主照射部80、信号線77rを介して駆動部77、信号線61rを介して昇降手段61を制御する。本例においても、最初、砂散布装置7

が案内レール77に案内されて矢印C1方向に移動しつつ切り出しローラ71が回転し、切り出しローラ71の溝71cにより樹脂被覆砂50cが容器70の外方に吐出口75から吐出され、これにより昇降盤60の上面に樹脂被覆砂50cが散布され、砂層50が形成される。

【0046】ならし板72も容器70と連動して同方向に移動するため、ならし板72により砂層50の上面は平滑化される。その後、砂散布装置7が矢印C2方向に退避する。これにより砂の散布工程が終了する。本例では最初に、細いレーザービームM2を照射する。この場合には、駆動部106を駆動させてビーム分割手段100を矢印E1方向に移動させてレーザービーム経路Leに配置しておく。レーザー発振器82aからレーザービームMが発振されると、そのレーザービームはビーム調整機82x、反射ミラー81aを介してビーム分割手段100のビームスプリッタ101に至る。レーザービームはビームスプリッタ101により2つのビームMA、MBに分割される。分割された一方のビームMAは、ビーム吸収器130で吸収される。分割された他方のビームMBは、ビーム径調整レンズ102で調整された後に、反射ミラー81b、81cを経て主照射部80に至る。これにより主照射部80から細いビーム径をもつレーザービームM2を、砂層50のうちの所定の領域に照射する。

【0047】細いレーザービームM2の照射後に太いレーザービームM1を照射する。この場合には、駆動部106を逆方向に駆動させてビーム分割手段100を矢印E2方向に移動させてレーザービーム経路Leから退避させておく。レーザー発振器82aから発振されたレーザービームは、ビーム調整機82x、反射ミラー81a、81b、81cを介して主照射部80に至る。これにより主照射部80から、太いビーム径をもつレーザービームM1を砂層50のうちの所定の領域に照射する。このときビーム分割手段100がレーザービーム経路Leから退避しているため、レーザービームはビーム分割手段100を通過しない。

【0048】換言すれば本実施例では、次の(A)~(E)が繰り返して実行される。

- (A) 砂散布
- (B) 細いレーザービームM2による造形物の輪郭形状のスキャン照射
- (C) レーザービーム経路Leからのビーム分割手段100の退避
- (D) 太いレーザービームM1による造形物の内部形状のスキャン照射
- (E) レーザービーム経路Leに対するビーム分割手段100の挿入

上記したように砂の散布工程、レーザービームM1、M2の照射工程が実行されると、砂層50が固化した固化層10が形成される。このような砂の散布工程、照射工程が多数回繰り返されると、前述したように固化層10が



次第に積層され、これにより三次元造形物 1 が得られる。

【0049】本例では、太いレーザービーム（ビーム径：5mm）を照射する場合にはレーザー発振器 82a の出力を大パワーとし、細いレーザービーム（ビーム径：0.2mm）を照射する場合にはレーザー発振器 82a の出力を小パワーにできる。ところでレーザー発振器 82a の種類によっては、大出力のレーザー発振器の出力を小出力に低下させて使用すると、レーザービームの発振が不安定となることがある。例えば、出力が 1000W でビーム径が 5mm のレーザー発振器 82a の場合には、50W の出力に低下すると、出力比が 1/20 となり、レーザー発振器 82a の発振が不安定となることがある。更にビーム径も 5mm から 0.2mm に、つまり 1/25 に減少させる必要がある。

【0050】従って本例では、細いレーザービームを照射するときには、太いレーザービームを照射する場合に比較してビーム発振器 82a の出力をあまり低下させることなく、レーザービームをビーム分割手段 100 に通過させる。このようにすれば、レーザー発振器 82a の発振安定性を維持しつつ、細いレーザービームを生成できる。

（第 4 適用例）図 15 は、1 台のレーザー発振器 82a を使用し、1 本のレーザービームを太いレーザービームと細いレーザービームとに分割し、太いレーザービームと細いレーザービームとを同時に照射する第 4 適用例を示す。この例は、図 14 に示す例と基本的には同様の構成である。以下、異なる部位を中心として説明する。この場合には、駆動部 106 を駆動させてビーム分割手段 100 を矢印 E1 方向に移動させてレーザービーム経路 Le に配置させておく。レーザー発振器 82a からレーザービームが発振されると、そのレーザービームはビーム調整機 82x、反射ミラー 81a を介してビーム分割手段 100 のビームスプリッタ 101 に至る。レーザービームはビームスプリッタ 101 により 2 つのビーム、つまり、太いレーザービーム M1 と細いレーザービーム M2 とに分割される。このときエネルギーの比としては、太いレーザービーム M1：細いレーザービーム M2 = (9：1) ~ (7：3) に分割できる。

【0051】分割された太いレーザービーム M1 はビーム径調整レンズ 102 で調整された後に、反射ミラー 81b、81c を経て主照射部 80 に至る。これにより主照射部 80 は太いレーザービーム M1 を砂層 50 のうちの所定の領域に照射する。分割された細いレーザービーム M2 は反射ミラー 81k で反射され、ビーム径調整レンズ 112 で調整された後に、反射ミラー 81m、81n を経て副照射部 93 に至る。これにより副照射部 93 は、細いレーザービーム M2 を砂層 50 のうちの所定の領域に照射する。

【0052】この例によれば、1 台のレーザー発振器 82a から発振されたレーザービーム M を、太いレーザービーム

M1 と細いレーザービーム M2 とにビーム分割手段 100 によって分割し、同時に照射するので、レーザー発振器 82a から発振されたレーザービームを捨てることなく、有効に利用できる。

（他の適用例）上記した例ではビームスプリッタ 101 は 1 個であるが、これに限らず、複数のビームスプリッタ 101 を複数個配置することもできる。このようにすれば、レーザービームのビーム径が大きく減少するため、レーザー発振器 82a の安定性を維持しつつ、細いレーザービームを生成するのに有利である。

#### 【0053】

【発明の効果】本発明方法では、三次元造形物の表層部を形成する部分と、三次元造形物の内部を形成する部分とでレーザービームのビーム径を使い分ける。そして、内部を形成する部分には太いレーザービームを照射する。表層部を形成する部分には細いレーザービームを照射する。そのため三次元造形物の内部を形成するための照射時間が短縮化され、三次元造形物を形成する生産性が向上する。更に三次元造形物の輪郭は細いレーザービームで形成されるため、輪郭の精度も確保される。

【0054】本発明方法では、太いレーザービームと細いレーザービームとを 1 台のレーザー発振器から照射する場合には、レーザー発振器のための設備費を低減するのに有利である。本発明方法では、太いレーザービームと細いレーザービームとを別々のレーザー発振器から照射する場合には、太いレーザービームの照射と細いレーザービームの照射とを同時に行うことができ、照射時間の短縮化に有利である。この場合においても、もちろん、太いレーザービームと細いレーザービームとを時間的にずらして照射しても良い。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】三次元造形物の斜視図である。

【図 2】三次元造形物の断面図である。

【図 3】三次元モデルの断面図である。

【図 4】基本形状断面モデルの断面図である。

【図 5】輪郭層断面モデルの断面図である。

【図 6】(A) は太いレーザービームと細いレーザービームとの双方を照射した形態を示す平面図であり、(B) は砂層の断面図である。

【図 7】太いレーザービームと細いレーザービームとの双方を照射した形態を示す構成図である。

【図 8】太いレーザービームと細いレーザービームとの双方を照射した他の形態を示す構成図である。

【図 9】輪郭層立体をもつ三次元モデルを求める利点を説明するための構成図である。

【図 10】操作手順を示すフローチャートである。

【図 11】第 1 適用例の側面形態を示す構成図である。

【図 12】第 1 適用例の平面形態を示す構成図である。

【図 13】第 2 適用例の側面形態を示す構成図である。

【図 14】第 3 適用例の側面形態を示す構成図である。



13

14

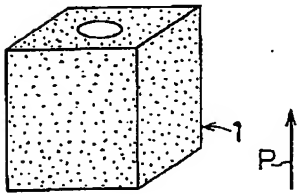
【図 15】 第 4 適用例の側面形態を示す構成図である。

【図 16】 従来技術に係り、三次元造形物の表層部の凸部を示す構成図である。

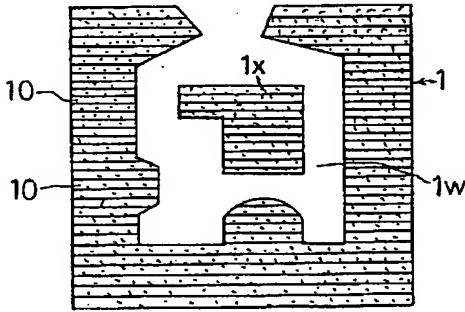
【符号の説明】

図中、1 は三次元造形物、10 は固化層、4 は三次元モデル、40 はスライスモデル、45 は基本形状断面モデル、46 は輪廓層断面モデル、80 は主照射部、93 は副照射部、M1、M2 はレーザービームを示す。

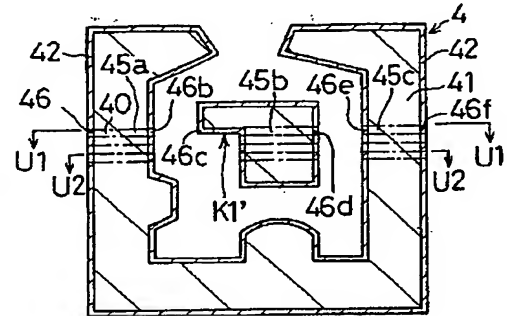
【図 1】



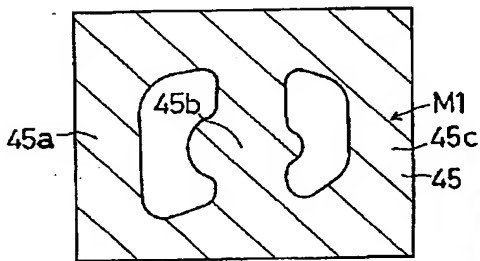
【図 2】



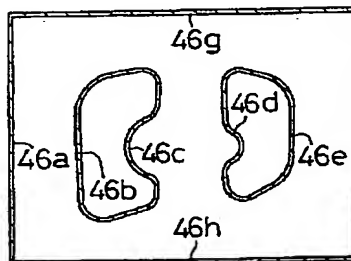
【図 3】



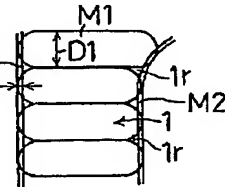
【図 4】



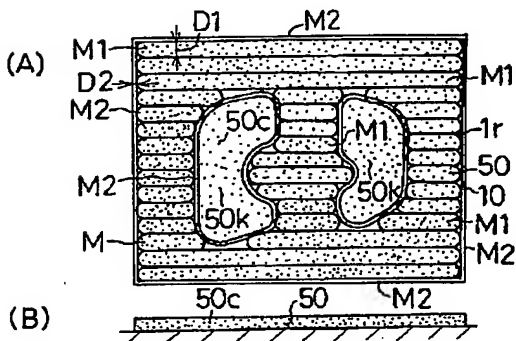
【図 5】



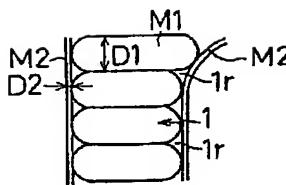
【図 7】



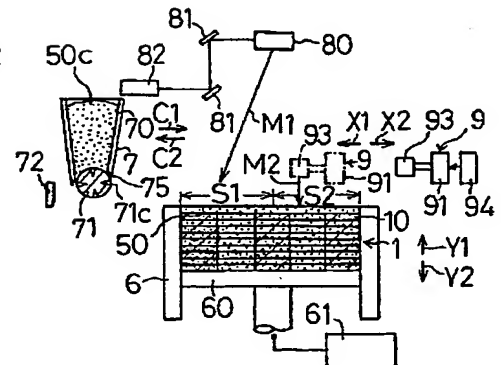
【図 6】



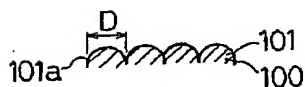
【図 8】



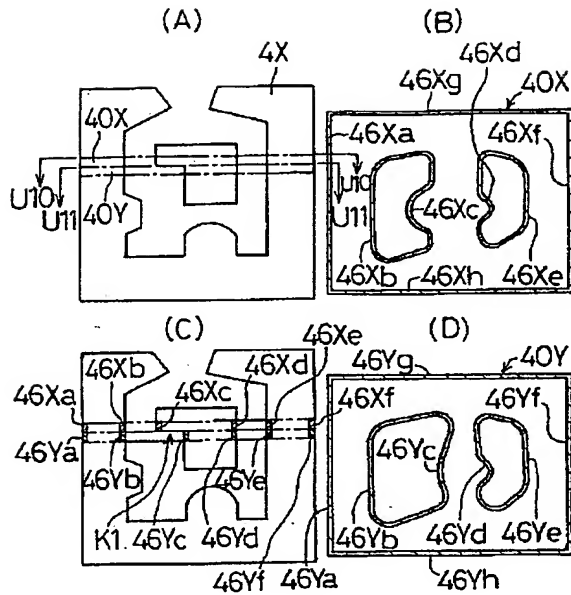
【図 11】



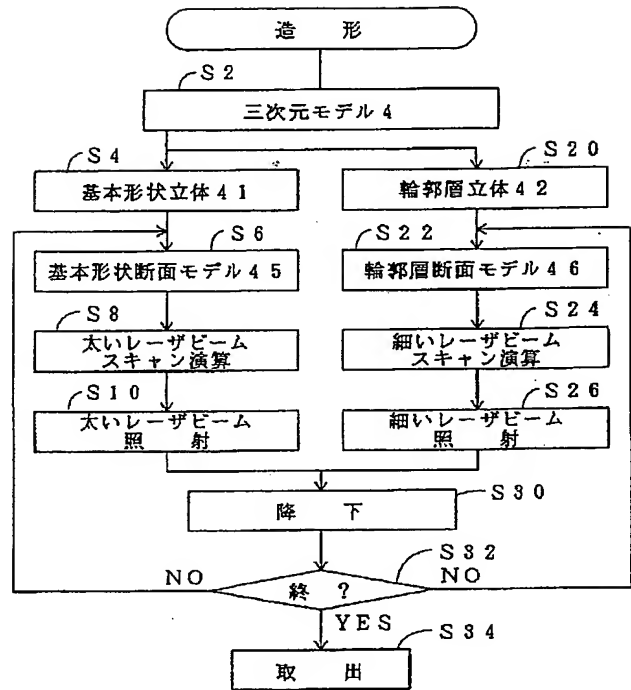
【図 16】



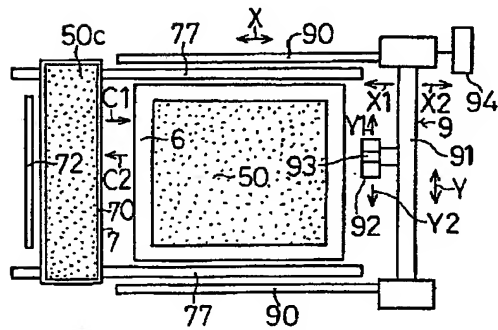
【図 9】



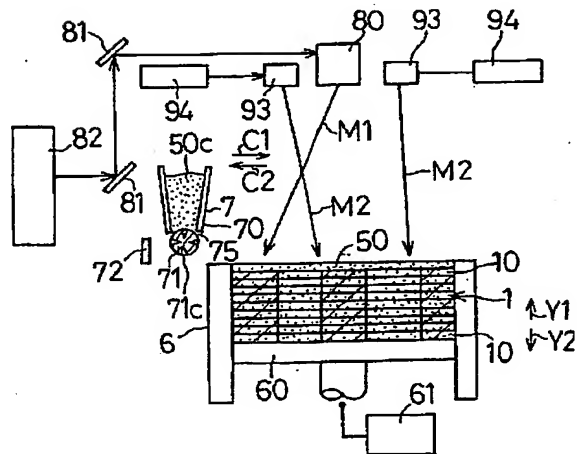
【図 10】



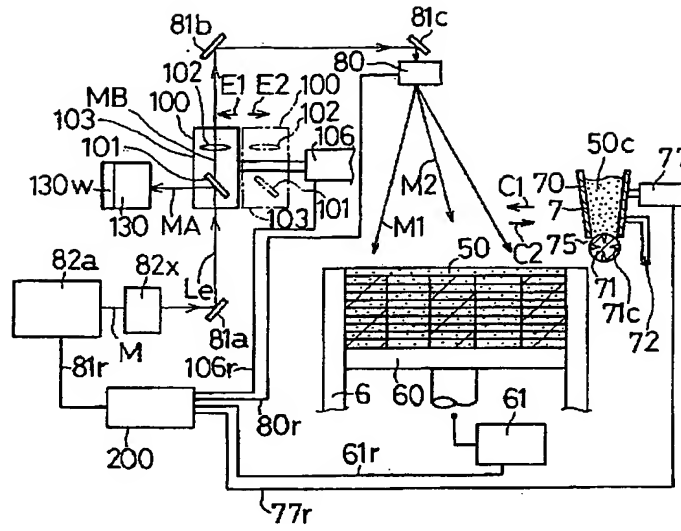
【図 12】



【図 13】



【図 1 4】



【図 1 5】

